

## 4 Beoordelingsmodel

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

### De PEF-fles

#### 1 maximumscore 2

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

In moleculen glucose zijn zes C atomen aanwezig. In moleculen HMF en van alle andere stoffen in het schema zijn ook zes C atomen aanwezig. (Bij de omzettingen worden dus geen C atomen afgesplitst waardoor in de omzettingen geen CO<sub>2</sub> kan vrijkomen.)

- notie dat in moleculen glucose zes C atomen aanwezig zijn 1
- notie dat in moleculen HMF en van alle andere stoffen in het schema ook zes C atomen aanwezig zijn (en conclusie dat geen C atomen worden afgesplitst) 1

#### 2 maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:

$$\text{Ethanol uit glucose: } \frac{2 \times 46,1}{180} \times 10^2 = 51,2(\%)$$

$$\text{HMF uit glucose: } \frac{126}{180} \times 10^2 = 70,0(\%)$$

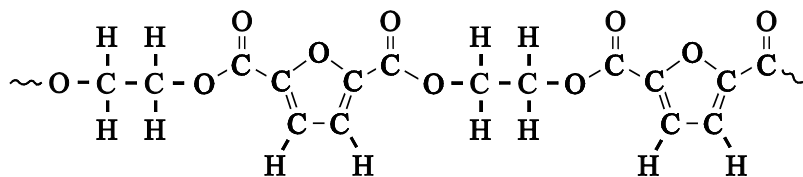
- gebruik van de juiste molaire massa's van HMF en glucose 1
- berekening van de atoomeconomie van de vergisting: de molaire massa van ethanol vermenigvuldigen met 2 en delen door de molaire massa van glucose en vermenigvuldigen met 10<sup>2</sup>(%) 1
- berekening van de atoomeconomie van de vorming van HMF: de molaire massa van HMF delen door de molaire massa van glucose en vermenigvuldigen met 10<sup>2</sup>(%) 1

#### Opmerkingen

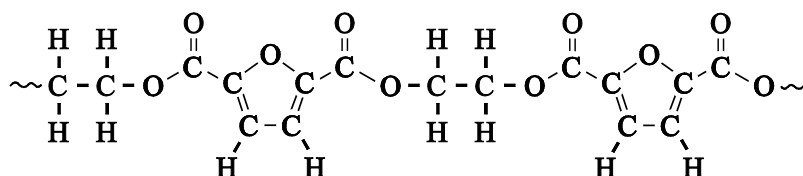
- *Fouten in de significantie hier niet aanrekenen.*
- *Wanneer de omrekeningen naar percentages zijn weggelaten, dit niet aanrekenen.*

## 3 maximumscore 3

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



of



- de monomeereenheden van ethaan-1,2-diol en FDCA juist en juiste afwisseling van twee monomeereenheden van FDCA en twee monomeereenheden van ethaan-1,2-diol 1
- juiste weergave van de esterbindingen 1
- begin en einde van het fragment weergegeven met  $\sim O$  of met  $-O$  of met  $\cdot O$
- respectievelijk met  $\overset{O}{\parallel}C\sim$  of met  $\overset{O}{\parallel}C\cdot$  of met  $\overset{O}{\parallel}C-$  1

of

- de monomeereenheden van ethaan-1,2-diol en FDCA juist en juiste afwisseling van twee monomeereenheden van FDCA en twee monomeereenheden van ethaan-1,2-diol 1
- juiste weergave van de esterbindingen 1
- begin en einde van het fragment weergegeven met  $\sim CH_2$  of  $-CH_2$  of  $\cdot CH_2$  respectievelijk met  $O\sim$  of  $O-$  of  $O\cdot$  1

*Opmerking*

*Wanneer geheel of gedeeltelijk gebruik is gemaakt van juiste schematische structuurformules, dit niet aanrekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**4 maximumscore 1**

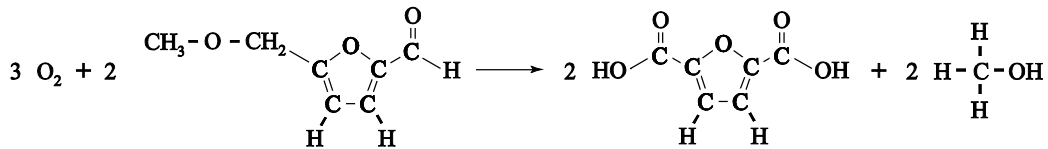
nummer 3

*Opmerking*

*Wanneer als antwoord 'nummer 1' is genoemd, dit goed rekenen.*

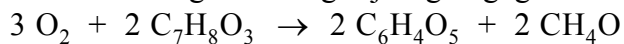
**5 maximumscore 3**

Een juist antwoord kan als volgt zijn weergegeven:



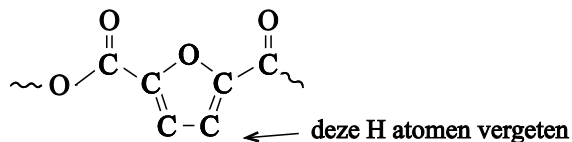
- voor de pijl uitsluitend O<sub>2</sub> en de structuurformule van MMF 1
- na de pijl uitsluitend de structuurformules van FDCA en methanol 1
- bij juiste formules voor en na de pijl juiste coëfficiënten 1

Indien de volgende vergelijking is gegeven: 1



*Opmerkingen*

- *Wanneer geheel of gedeeltelijk gebruik is gemaakt van juiste schematische structuurformules, dit niet aanrekenen.*
- *Wanneer O<sub>2</sub> is weergegeven met een structuurformule of een onjuiste structuurformule, dit niet aanrekenen.*
- *Wanneer in vraag 3 onderstaande fout is gemaakt in de structuurformule van de monomeereenheid van FDCA*



*en in vraag 5 dezelfde fout is gemaakt in de structuurformules van MMF en/of FDCA, dit hier niet aanrekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**6 maximumscore 2**

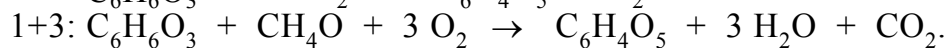
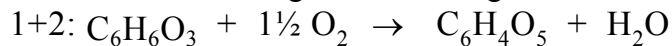
Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd, per uitgangspunt enkele voorbeeldantwoorden:

Op basis van uitgangspunt 1:

- Als reacties 1+2 worden opgeteld is te zien dat alleen H<sub>2</sub>O als bijproduct ontstaat. Bij reacties 1+3 komt ook nog CO<sub>2</sub> vrij. CO<sub>2</sub> is een afvalstof (die bijdraagt aan het versterkte broeikaseffect).
- In het oude proces komt CO<sub>2</sub> vrij. CO<sub>2</sub> is een afvalstof (die bijdraagt aan het versterkte broeikaseffect).
- In reactie 2 komt methanol vrij. Dit is geen afvalstof omdat dit kan worden gebruikt in reactie 1 / kan worden verkocht / kan dienen als brandstof.
- Het rendement van het proces van Avantium is hoger. Dat betekent dat er (meer product en) minder afval wordt geproduceerd.

Op basis van uitgangspunt 2:

- In het oude proces komt CO<sub>2</sub> vrij. Het C atoom van methanol wordt dus niet in het product opgenomen.
- Bij reacties 1+3 komt meer water vrij. De atomeconomie van reacties 1+2 is dus beter dan die van 1+3.
- Bij reacties 1 en 2 komt alleen H<sub>2</sub>O vrij, terwijl bij 1 en 3 ook nog CO<sub>2</sub> vrijkomt. De atomeconomie van reacties 1+2 is dus beter dan van reacties 1+3.
- Bij reacties 1+3 is meer zuurstof nodig dan bij reacties 1+2. De atomeconomie van reacties 1+2 is dus beter dan van reacties 1+3.
- Uit de totaalvergelijkingen van de reacties valt op te maken dat bij reacties 1+2 minder grondstof nodig is:



- een juist argument op basis van uitgangspunt 1 1
- een juist argument op basis van uitgangspunt 2 1

*Opmerking*

*Wanneer als argument op basis van uitgangspunt 1 is geantwoord dat bij reacties 1+3 meer water (als afval) vrijkomt, dit als argument goed rekenen.*

Vraag	Antwoord	Scores
-------	----------	--------

**7 maximumscore 2**

Een juist antwoord kan als volgt zijn geformuleerd:

Bij de vorming van biomassa is kort geleden (tijdens de fotosynthese) CO<sub>2</sub> vastgelegd. Als PEF wordt verbrand, komt deze CO<sub>2</sub> weer vrij (waardoor de verbranding van PEF geen bijdrage levert aan het versterkte broeikaseffect). PET is geheel geproduceerd op basis van aardolie. Als PET wordt verbrand, komt CO<sub>2</sub> vrij die lang geleden is vastgelegd.

- notie dat bij de verbranding van PEF CO<sub>2</sub> vrijkomt die kort geleden is vastgelegd 1
- notie dat bij verbranding van PET CO<sub>2</sub> vrijkomt die lang geleden is vastgelegd 1

*Opmerking*

*Wanneer het volgende antwoord is gegeven: 'De CO<sub>2</sub>-uitstoot van PEF is (uiteindelijk) afkomstig uit de korte koolstofkringloop en de CO<sub>2</sub>-uitstoot van PET niet', dit goed rekenen.*

**8 maximumscore 3**

Een voorbeeld van een juiste berekening is:

$$4,4 - \left( \frac{10^6}{192} \times 10 \times \frac{44,0}{10^6} \right) = 2,1 \text{ (ton)}$$

- berekening van het aantal mol PET-eenheden per ton PET: 10<sup>6</sup> (g ton<sup>-1</sup>) delen door de molaire massa van de repeterende eenheid van PET 1
- berekening van het aantal ton CO<sub>2</sub> dat vrijkomt bij de verbranding van 1 ton PET: het aantal mol PET-eenheden vermenigvuldigen met 10 en met de molaire massa van CO<sub>2</sub> en delen door 10<sup>6</sup> (ton g<sup>-1</sup>) 1
- berekening van het aantal ton CO<sub>2</sub> dat bij het productieproces en het transport van 1 ton PET vrijkomt: 4,4 (ton) verminderen met het aantal ton CO<sub>2</sub> dat per ton PET bij de verbranding vrijkomt 1